

学校编码: 10384  
学号: 19920121152698

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_  
UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

# 大型生物质气化装备自动控制系统的 设计与实现

The Design and Implementation of the Large-scale Biomass  
Gasification Equipment Automatic Control System

陈 俊

指导教师姓名：吴德会

专 业 名 称：测试计量技术及仪器

论文提交日期：2015 年 4 月

论文答辩时间：2015 年 5 月

学位授予日期：2015 年 6 月

答辩委员会主席：\_\_\_\_\_

评 阅 人：\_\_\_\_\_

2015 年 5 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘要

生物质能源是一种可再生资源，若能高效的开发生物质能源，将有助于解决资源枯竭、环境污染等问题。目前，国内对生物质能源开发利用率却不足 20%。针对这个问题，本团队研发出一种生物质气化装备。而本课题旨在为该气化装备开发一种高效、稳定、成本低的自动控制系统。本课题的实现，将使得生物质能源的开发效率得到显著提升。

由于气化装备具有被控参数多且关联性强、系统时滞大等特点，本文的首要任务就是提出一种控制策略，即如何合理划分装备的控制区域，并构建子系统。本课题基于该控制策略，开发了一套完整的自动控制系统。

本文在详细分析各子系统生产流程、被控变量以及控制规则的基础上，为各个子系统提出了各自独立的控制算法，包括 PID 控制算法、自寻优控制算法等。

在确立了各子系统结构及控制算法之后，本课题结合模块化的设计思想进行控制系统的硬件设计，包括传感器、控制器、人机交互平台等。本文对整套硬件系统的设计及选型进行了详细分析。

结合 VB、C 语言等开发工具，本课题为硬件设备打造所需的软件系统，包含子系统控制算法、总控系统、人机交互界面、传感器、控制器等软件设计。本文详细介绍了各软件系统的设计流程。

本课题将实现装备的信息化管理，即构建一个 ModBus 现场总线控制网络，本文详细分析了总控系统、子系统、各个设备等如何进行 ModBus 组网，并规划了各个系统、设备的通信地址。

本课题最终打造出了整套控制系统的成品，并进行实验室调试和实际生产的调试。本文对各种调试过程进行介绍，并详细分析了调试结果，证明了本文所提控制策略的可行性。

**关键词：**子系统，控制算法，ModBus 现场总线，模块化，信息化

## ABSTRACT

Biomass energy is a kind of renewable resource, finding some way to effectively develop the use of biomass energy do help to solve problems such as resource depletion and environmental pollution etc. At present, the domestic development and utilization ratio of biomass energy is less than 20%. To solve this problem, our team developed a kind of biomass gasification equipment. And this project aims at developing a highly efficient, stable and economical automatic control system for the equipment. Accomplishing this project will enable the development efficiency of biomass energy to be improved significantly.

For the gasification equipment has various accused parameters with a high degree of relevance and a obvious system time delay, the first task of this paper is to find a control method which divides control area of equipment reasonably and builds subsystem. Based on the method, a complete set of automatic control system was developed.

On the basis of detailed analysis of each subsystem in the production process, the controlled variable and the rules, this paper presents independent control algorithm for each subsystem including PID control algorithm, the optimal control algorithm, etc.

By establishing the structure of each subsystem and the control algorithm, this paper applies modular methods into the hardware design of the control system, including sensor, controller, human-computer interaction platform, etc. Furthermore, design and selection of the complete set of hardware system are analyzed in detail.

By the use of development tools such as VB, C ,the project also designs a required software system for the hardware which contains subsystem control algorithm, control system, human-computer interaction interface, sensor, controller ,etc. The design of each software system will be introduced in detail in the paper.

The project will realize information management of equipment, that is, to build a ModBus fieldbus control network. It's analyzed in detail in this paper that how the general control system, subsystem and the other equipment to carry out the ModBus network and how the communication address of each system and equipment is programmed.

This project will eventually create a complete set of finished product of the control system and carry out debugging of the laboratory and practical production. In the paper ,the process of the debugging will be introduced and the debugging results will be presented specifically so that the probability of the control method will be proved.

**Keywords:** subsystem, control algorithm, ModBus fieldbus, modularization, informatization

## 目 录

摘 要 .....	I
英文摘要 .....	II
第一章 绪论 .....	1
1.1 课题背景.....	1
1.2 工业控制系统发展现状与趋势分析 .....	2
1.2.1 发展现状.....	2
1.2.2 趋势分析.....	3
1.3 新能源装备控制系统发展分析 .....	4
1.4 课题研究目的及意义 .....	6
1.5 课题研究内容.....	6
第二章 生物质气化装备自控系统总体设计 .....	8
2.1 生物质气化装备结构及各部分功能 .....	8
2.2 生物质气化装备工艺流程及生产流程 .....	9
2.2.1 生物质气化装备工艺流程.....	9
2.2.2 生物质气化装备生产流程.....	10
2.3 生物质气化装备自控系统技术要求 .....	11
2.3.1 被控参数要求.....	12
2.3.2 设计要求.....	13
2.4 自控系统总体设计与分析 .....	13
2.4.1 自控系统结构划分.....	13
2.4.2 各子系统功能概述.....	15
2.4.3 各子系统控制策略概述.....	15
2.4.4 构建基于 modbus 现场总线技术的控制系统 .....	16

2.5 本章小结.....	17
<b>第三章 生物质气化装备自控系统硬件设计 .....</b>	<b>18</b>
3.1 主要传感器研制与选型 .....	18
3.1.1 自校正微压差传感器研制及分析.....	18
3.1.2 自供电无线温度传感器研制及分析.....	20
3.1.3 热电偶选型及分析.....	22
3.1.4 数显表选型及分析.....	23
3.2 远程监控平台设计 .....	23
3.2.1 核心控制器研制及分析.....	23
3.2.2 核心控制平台设计及分析.....	25
3.2.3 总控系统硬件选型及分析.....	26
3.2.4 通信系统硬件选型与分析.....	26
3.3 各子系统硬件设计与分析 .....	27
3.3.1 气化反应釜温控子系统硬件设计.....	27
3.3.2 燃烧室压控子系统硬件设计.....	29
3.3.3 燃烧室温控子系统硬件设计.....	30
3.3.4 气化反应釜压控子系统硬件设计.....	31
3.3.5 进料预处理温控子系统硬件设计.....	33
3.4 本章小结.....	34
<b>第四章 生物质气化装备自控系统软件设计 .....</b>	<b>35</b>
4.1 自控系统软件总体分析与设计 .....	35
4.2 专用传感器软件设计 .....	36
4.2.1 自校正微压差传感器软件设计.....	36
4.2.2 自供电无线温度传感器软件设计.....	37
4.3 远程监控平台软件设计 .....	39
4.3.1 核心控制器软件设计.....	39



4.3.2 人机交互平台软件设计 .....	41
4.3.3 总控系统软件设计 .....	43
4.3.4 通信系统软件设计 .....	46
<b>4.4 各子系统软件设计 .....</b>	<b>48</b>
4.4.1 气化反应釜温控子系统控制算法软件设计 .....	48
4.4.2 燃烧室压控子系统控制算法软件设计 .....	50
4.4.3 燃烧室温控子系统控制算法软件设计 .....	52
4.4.4 气化反应釜压控子系统控制算法软件设计 .....	54
4.4.5 进料预处理温控子系统控制算法软件设计 .....	56
<b>4.5 本章小结 .....</b>	<b>58</b>
<b>第五章 生物质气化装备自控系统调试及分析 .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1 实验室平台控制算法调试 .....</b>	<b>59</b>
5.1.1 调试平台分析 .....	59
5.1.2 调试平台搭建 .....	59
5.1.3 调试方案 .....	61
5.1.4 调试过程及分析 .....	61
5.1.5 调试结果分析 .....	64
<b>5.2 实际生产平台自控系统整体运行调试 .....</b>	<b>64</b>
5.2.1 调试平台分析 .....	64
5.2.2 调试方案 .....	66
5.2.3 调试过程及结果分析 .....	66
<b>5.3 本章小结 .....</b>	<b>70</b>
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>71</b>
6.1 总结 .....	71
6.2 展望 .....	71
<b>参考文献 .....</b>	<b>72</b>

致谢 .....	76
攻读硕士学位期间的研究成果 .....	77

厦门大学博硕士论文摘要库

## CONTENTS

<b>Abstract .....</b>	<b>I</b>
<b>English abstract .....</b>	<b>II</b>
<b>Chapter 1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Background.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Development status and trend analysis of industrial control     system .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Development status .....	2
1.2.2 Trend analysis .....	3
<b>1.3 Analysis of new energy equipment control system     development.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Purpose and meaning of the project .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 Content of the research .....</b>	<b>6</b>
<b>Chapter 2 Overall design of the biomass gasification equipment automatic control system .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Structure of biomass gasification equipment and functions of     each part.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Technical process and production process of the biomass     gasification equipment.....</b>	<b>9</b>
2.2.1 Technical process of the biomass gasification equipment.....	9
2.2.2 Production process of the biomass gasification equipment .....	10
<b>2.3 Technological requirements of the biomass gasification     equipment automatic control system .....</b>	<b>11</b>

2.3.1 Requirements of accused parameters.....	12
2.3.2 Requirements of design.....	13
<b>2.4 Overall design and analysis of the automatic control system</b>	<b>13</b>
2.4.1 Structure division of the automatic control system.....	13
2.4.2 The overview of the functions of each subsystem .....	15
2.4.3 The overview of the sub control method .....	15
2.4.4 Construction of control system based on ModBus fieldbus Technology .....	16
<b>2.5 The summary of this chapter .....</b>	<b>17</b>
<b>Chapter 3 Hardware design of the automatic control system of biomass gasification equipment.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Development and selection of the main sensors .....</b>	<b>18</b>
3.1.1 Development and analysis of the self-correcting micro differential pressure sensor .....	18
3.1.2 Development and analysis of the self-powered wireless temperature sensor .....	20
3.1.3 Development and analysis of the thermocouple .....	22
3.1.4 Development and analysis of the digital display meter .....	23
<b>3.2 Design of the remote monitoring platform .....</b>	<b>23</b>
3.2.1 Development and analysis of the core controler .....	23
3.2.2 Development and analysis of the core controlling platform .....	25
3.2.3 Selection and analysis of the hardware of the master control system	26
3.2.4 Selection and analysis of the hardware of the communication system..	26
<b>3.3 Design and analysis of the hardware of each subsystem.....</b>	<b>27</b>
3.3.1 Hardware design of the gasification reaction kettle temperature control subsystem.....	27

3.3.2 Hardware design of the combustion chamber pressure control subsystem.....	29
3.3.3 Hardware design of the combustion chamber temperature control subsystem.....	30
3.3.4 Hardware design of the gasification reaction kettle pressure control subsystem.....	31
3.3.5 Hardware design of the feed pretreatment temperature control subsystem.....	33
<b>3.4 The summary of this chapter .....</b>	<b>34</b>
<b>Chapter 4 Software design of the biomass gasification equipment automatic control system .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Overall analysis and design of the software of automatic control system.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Software design of the special sensor .....</b>	<b>36</b>
4.2.1 Software design of the self-correcting micro differential pressure sensor .....	36
4.2.2 Software design of the self-powered wireless temperature sensor .....	37
<b>4.3 Software design of the remote monitoring platform .....</b>	<b>39</b>
4.3.1 Software design of the core controller .....	39
4.3.2 Software design of the human-computer interaction platform .....	41
4.3.3 Software design of the master control system .....	43
4.3.4 Software design of the communication system .....	46
<b>4.4 Software design of each subsystem.....</b>	<b>48</b>
4.4.1 Software design of the control algorithm of the gasification reaction kettle temperature control system .....	48
4.4.2 Software design of the control algorithm of the combustion chamber pressure control subsystem .....	50

4.4.3 Software design of the control algorithm of the combustion chamber temperature control subsystem .....	52
4.4.4 Software design of the control algorithm of the gasification reaction kettle pressure control subsystem .....	54
4.4.5 Software design of the control algorithm of the feed pretreatment temperature control system .....	56
<b>4.5 The summary of this chapter .....</b>	<b>58</b>
<b>Chapter 5 Debugging and Analysis of the biomass gasification equipment automatic control system .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1 Control algorithm debugging on the laboratory platform ....</b>	<b>59</b>
5.1.1 Analysis of debugging platform.....	59
5.1.2 Building of debugging platform.....	59
5.1.3 Debugging plan.....	61
5.1.4 Analysis of debugging process .....	61
5.1.5 Analysis of debugging results .....	64
<b>5.2 Overall debugging of control system on actual production platform.....</b>	<b>64</b>
5.2.1 Analysis of debugging platform.....	64
5.2.2 Debugging method.....	66
5.2.3 Analysis of debugging process and results .....	66
<b>5.3 The summary of this chapter .....</b>	<b>70</b>
<b>Chapter 6 Summary and forecasting .....</b>	<b>71</b>
<b>6.1 Summary.....</b>	<b>71</b>
<b>6.2 Forecasting.....</b>	<b>71</b>
<b>Reference .....</b>	<b>72</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>72</b>

<b>Publication.....</b>	<b>72</b>
-------------------------	-----------

厦门大学博士论文摘要库

## 第一章 绪论

### 1.1 课题背景

我国是资源大国，拥有丰富的矿产资源，然而我国资源的人均占有量远低于世界平均水平。其中人均煤炭、石油和天然气储量仅为世界平均水平的 56.3%、7.7%和 7.1%<sup>[1]</sup>。我国更是能源消耗大国，目前我国已经成为全球第二大石油消耗国。据专家分析，石油资源将在本世纪被消耗殆尽，并且极有可能在 40 年-60 年内石油资源就面临枯竭的困境<sup>[2]</sup>。我国对于原煤消耗在所有能源消耗所占的比例为 70.45%，远远超出世界原煤平均消费水平 29.63%。在资源加速消耗的同时，由于人类使用资源的一些不合理的方式造成了一系列环境污染问题。尤其我国是煤炭大国，在煤炭消耗上一些落后的技术使得环境污染问题更加严重。面对能源枯竭和环境污染双重问题，生物质能源作为一种可再生能源引起人们的广泛关注，同时生物质能源的开发技术也成为今后全球热门的研究方向<sup>[3]</sup>。

在许多发达国家甚至发展中国家，很早就已开始研发生物质能源装置及其控制技术，多个实验室致力于研究生物质能源，各国也出台各种政策对生物质能源大力支持，如欧盟委员会提出目标是到 2020 年，将会采用乙醇等生物质燃料代替现有 20%的运输燃料<sup>[4]</sup>；日本提出的“阳光计划”；印度启动的“绿色能源工程”<sup>[5]</sup>。同时，国外对于生物质热解技术也获得诸多成果，如加拿大的 Castle Capital 有限公司将 BBC 公司开发的 10Kg/h~25Kg/h 的橡胶热烧蚀反应器放大后，建造了 1500Kg/h~2000 kg/h 规模的固体废物热烧蚀裂解反应器；而后荷兰的 Twente 大学在工艺、设备体积、结构等方面进行研究，研发出旋转锥热裂解反应器<sup>[6]</sup>。生物质热解气化技术更是生物质能源开发的重点，从 20 世纪 79 年代起，生物质热解气化技术就引起美欧、日本等国的重视，如流化床气化技术一直受到各国科学家关注；20 世纪 80 年代末，美国及加拿大等国就有多个公司及实验室从事生物质热解气化技术的研究<sup>[7-8]</sup>。



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.